

第 I 部門

アルミニウム床版の有効幅

大阪大学大学院工学研究科 学生員 ○高木 眞広
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 大倉 一郎

1. はじめに

アルミニウム床版を有する鋼桁橋の設計を行なうとき、アルミニウム床版の有効幅を用いて断面諸量を計算し、断面力および応力の計算、さらにたわみの計算を行なう。道路橋示方書¹⁾に規定されている有効幅は、完全合成桁に対するものである。しかし、図-1 に示すように、アルミニウム床版はスタッドによって鋼桁に連結されるため、アルミニウム床版と鋼桁との間には合成作用が生じる。この合成作用は弾性合成理論を用いて評価できることが既往の研究で明らかにされている²⁾。

本研究では、アルミニウム床版と鋼桁との合成作用を考慮したアルミニウム床版の有効幅を明らかにする。

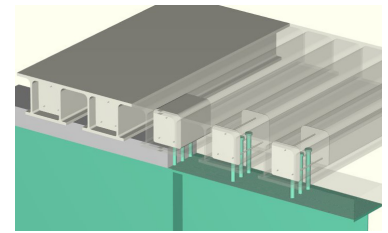


図-1 アルミニウム床版と鋼桁の連結構造

2. アルミニウム床版－鋼桁

道路橋示方書に規定される、単純桁に対するフランジの片側有効幅 b_e は次式で与えられる。

$$b_e = \begin{cases} b & (b/L \leq 0.05) \\ \{1.1 - 2(b/L)\}b & (0.05 < b/L \leq 0.30) \\ 0.15b & (0.30 < b/L) \end{cases} \quad (1)$$

アルミニウム床版－鋼桁を図-2 に示す。式(1)から、片側有効幅 b_e はフランジの片幅 b を支間長 L で割った b/L に依存し、 b/L が大きくなるに従って片側有効幅 b_e は小さくなる。したがって、図-2 に示すように、アルミニウム床版の片幅 b を2m、アルミニウム床版－鋼桁の支間長を15mとした。鋼桁断面の寸法を表-1 に示す。

アルミニウム床版－鋼桁の断面形状を図-3 に示す。アルミニウム床版は、橋軸方向に連続している上板のみを断面として考慮して、鋼桁にアルミニウム床版上板が結合された両端単純支持桁とした。荷重として、支間中央に100kNの集中荷重載荷および10kN/mの等分布荷重載荷の2種類を考慮した。アルミニウム床版および鋼桁の材料特性を表-2 に示す。

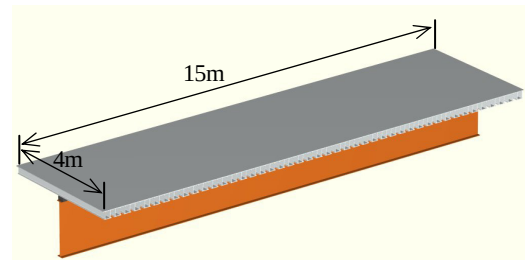


図-2 アルミニウム床版－鋼桁

表-1 鋼桁断面の寸法

上フランジ	厚さ (mm)	12
	幅 (mm)	280
下フランジ	厚さ (mm)	13
	幅 (mm)	250
ウェブ	厚さ (mm)	9
	高さ (mm)	1300

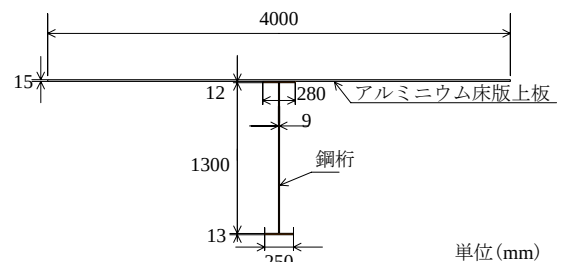


図-3 アルミニウム床版－鋼桁の断面形状

表-2 材料特性

	ヤング係数(GPa)	ポアソン比
アルミニウム床版	200	0.3
鋼桁	70	0.3

3. 弾性合成理論

図-3 に示すアルミニウム床版－鋼桁に対するアルミニウム床版の片側有効幅 b_e は、完全合成と仮定した場合、式(1)より1584mm となり、全有効幅 B_e は片側有効幅 b_e の2倍に鋼桁上フランジの幅280mmを加えた3448mmとなる。

アルミニウム床版と鋼桁の合成度は、次式で定義される ϕ で評価される²⁾。

$$\phi = \frac{v_0 - v}{v_0 - v_\infty} = 1 - \frac{3}{(\lambda L/2)^2} \left\{ 1 - \frac{\tanh(\lambda L/2)}{(\lambda L/2)} \right\} \quad (0 \leq \phi \leq 1) \quad (2)$$

ここに、 ϕ ：合成度、 v ：弾性合成桁のたわみ、

v_∞ ：完全合成桁のたわみ、 v_0 ：非合成桁のたわみ

$$\lambda = \sqrt{\frac{kaI_v}{a_s E_s A_s (I_s + I_a/n)}} \quad (3)$$

$I_v, I_a, I_s, E_a, E_s, A_v, A_a, A_s, a, a_a, a_s, n$ は、図-4 に示すように、有効幅をもつアルミニウム床版－鋼桁に対する断面量である。

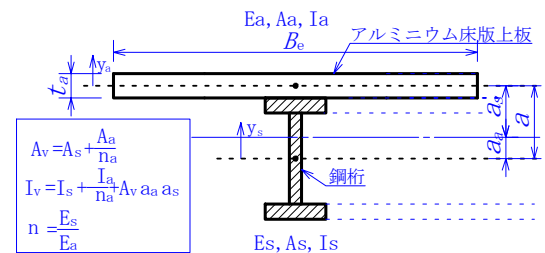


図-4 断面量

$\phi=0$ のとき非合成であり、 $\phi=1$ のとき完全合成である。

式(2)で与えられる合成度 ϕ と λL の関係を図-5 に示す。

式(3)から、ばね定数 k は次式で表される。

$$k = \frac{a_s E_s A_s (I_s + I_a/n)}{a I_v} \lambda^2 \quad (4)$$

式(4)から、 λL が 5, 10, 15, 20, 25, ∞ に対するばね定数 k は、それぞれ 0.107kN/mm², 0.427kN/mm², 0.960kN/mm², 1.707kN/mm², 2.667kN/mm², ∞ kN/mm² となる。

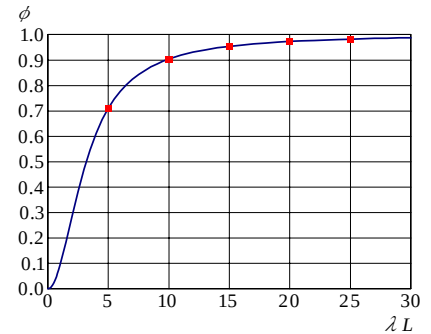


図-5 ϕ と λL の関係

4. FEM 解析

図-2 に示すアルミニウム床版-鋼桁の FEM 解析は、汎用有限解析プログラム MARC³⁾を用いた。アルミニウム床版-鋼桁は、支間中央に関する対称性を考慮して 1/2 モデルとした。FEM 解析の要素構成は、アルミニウム床版および鋼桁上フランジを 20 節点立体系素(MARC³⁾の要素タイプ 21)、鋼桁ウェブおよび下フランジを 8 節点厚肉曲面シェル要素(MARC³⁾の要素タイプ 22)とした。

アルミニウム床版下面と鋼桁上フランジ上面に、2 重節点を設けた。アルミニウム床版下面と鋼桁上フランジ上面の鉛直方向および桁直角方向の変位を同一にした。鋼桁上フランジの両端において、アルミニウム床版下面と鋼桁上フランジ上面の桁方向をばね要素で結合した。FEM 解析におけるばね定数の入力値は、各ばね定数 k の値の半分に、節点間の距離を乗じた値とした。

荷重は、集中荷重の場合、支間中央の鋼桁ウェブのウェブ高の 1/2 の位置、等分布荷重の場合、鋼桁ウェブのウェブ高の 1/2 の位置に載荷した。

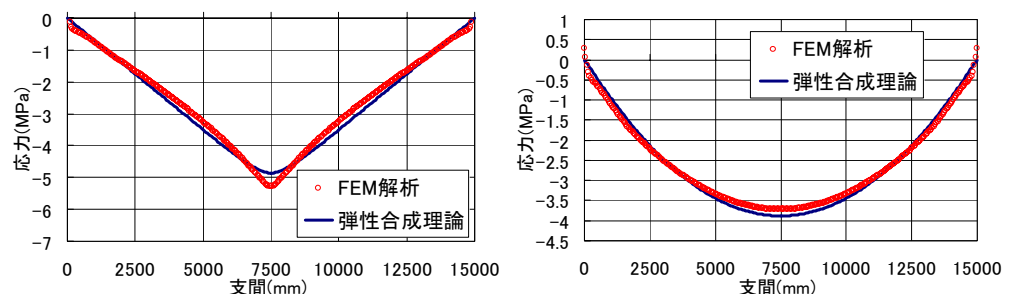
5. FEM 解析による応力と弾性合成理論による応力の比較

$\lambda L = 25$ に対する、アルミニウム床版上板の FEM 解析による応力と弾性合成理論による応力の比較を図-6 に示す。図から、FEM 解析値と弾性合成理論値はほぼ等しいことが分かる。集中荷重において、支間中央で、弾性合成理論値が FEM 解析値より大きくなる。

支間中央における、FEM 解析による応力を弾性合成理論による応力で割った値を表-3 に示す。表から、集中荷重においては、不完全合成の FEM 解析値/弾性合成理論値は、アルミニウム床版上板では 1.08、鋼桁上下フランジでは 1.00 とほぼ一定となる。完全合成の FEM 解析値/弾性合成理論値は、アルミニウム床版では 1.15、鋼桁上フランジでは 1.13、鋼桁下フランジでは 1.00 となる。アルミニウム床版と鋼桁上フランジにおいて、 λL が 25 以下の不完全合成の FEM 解析値/弾性合成理論値は、完全合成のそれと大きく異なる。

他方、等分布荷重においては、アルミニウム床版上板、鋼桁上フランジおよび鋼桁下フランジの FEM 解析値/弾性合成理論値は、0.96~1.00 である。桁の設計では、等分布荷重よりなる L 荷重が用いられる。等分布荷重載荷の場合、FEM 解析の応力は弾性合成理論の応力に近く、それより僅かに小さい。

したがって、アルミニウム床版の有効幅として、道路橋示方書に規定される有効幅を用いることができると考える。



(a) 集中荷重

(b) 等分布荷重

図-6 $\lambda L = 25$ に対するアルミニウム床版上板の応力

表-3 FEM 解析による応力と弾性合成理論による応力の比

λL			5	10	15	20	25	∞
k (kN/mm ²)			0.107	0.427	0.96	1.707	2.667	∞
集中荷重	アルミニウム床版上板		1.08	1.07	1.08	1.08	1.09	1.15
	鋼桁	上フランジ	1.00	0.99	1.00	1.01	1.02	1.13
		下フランジ	1.00	1.01	1.01	1.01	1.01	1.02
等分布荷重	アルミニウム床版上板		0.99	0.97	0.96	0.96	0.96	0.96
	鋼桁	上フランジ	1.01	0.99	0.97	0.97	0.97	0.97
		下フランジ	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

【参考文献】

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，Ⅰ 共通編 Ⅱ 鋼橋編，2002。
- 2) 石川敏之，高木真広，大倉一郎，武野正和：アルミニウム床版-鋼桁橋の合成度および温度変化応力，第 7 回複合構造の活用に関するシンポジウム，No.63，2007。
- 3) 日本エムエスシー：MSC. MARC2005 日本語オンラインマニュアル，日本エムエスシー，2005。